

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-164901

(P2001-164901A)

(43)公開日 平成13年6月19日(2001.6.19)

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

マークコード(参考)

F 01 D 5/14

F 01 D 5/14

B 22 C 9/24

B 22 C 9/24

A

B 23 K 1/00

330

B 23 K 1/00

330 P

F 01 D 5/28

F 01 D 5/28

C

審査請求 未請求 請求項の数7 OL 外国語出願(全35頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2000-195380(P2000-195380)

(71)出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニー

GENERAL ELECTRIC COMPANY

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ

クタディ、リバーロード、1番

(31)優先権主張番号 09/345541

(72)発明者 ウェイン・チャールズ・ハス

(32)優先日 平成11年6月30日(1999.6.30)

アメリカ合衆国、バーモント州、ボウナ

(33)優先権主張国 米国(US)

ル、ボックス・376、アールディーナンバー

ー1番

(74)代理人 100093908

弁理士 松本 研一

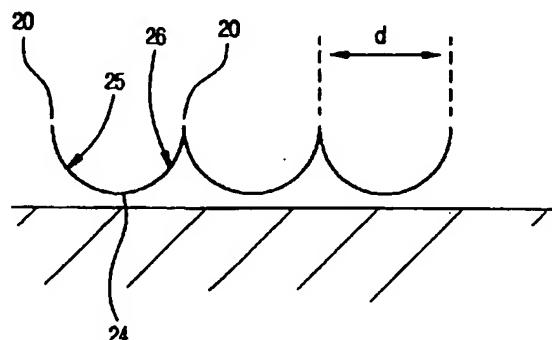
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 热伝達性の向上したタービンエンジン部品並びにその製造法

(57)【要約】

【課題】 タービンエンジン部品における熱伝達性の向上。

【解決手段】 部品の表面積を増大させるのに有効なくぼみを複数含む表面を有するタービンエンジン部品を提供する。くぼみは概して凹形輪郭を有していて、部品の熱伝達性を向上させる。タービンエンジン部品の製造方法についても開示する。



等)、及びUdimet(登録商標)という商品名で呼ばれるものがある。代表的なコバルト基合金は、約30重量%以上のコバルト(Co)と、ニッケル、クロム、アルミニウム、タングステン、モリブデン、チタン及び鉄からなる群から選択される1以上の成分とを含む。コバルト基超合金の例には、Haynes(登録商標)、Nozzaloy(登録商標)、Stellite(登録商標)及びUltimet(登録商標)という商品名で呼ばれるものがある。

【0008】基材のタイプは種々変更し得るが、燃焼器ライナ、燃焼器ドーム、パケットもしくはブレード、ノズルもしくはペーン又は翼形部のように超合金製のタービンエンジン部品の形態であることが多い。その他の基材として、タービンエンジンの高圧段以外のタービン部品、例えばフランジ、ケーシング及びリングを始めとするシュラウドクリアランス制御部の部品がある。かかる部品は、その部品が暴露される環境温度が低いことから超合金で作らなくてもよい。かかる部品用の典型的な合金には、Inconel(登録商標)718、Inconel(登録商標)900シリーズ、及びWaspaloy(登録商標)がある。

【0009】本発明の実施形態では、基材(特にタービンエンジン部品)の表面は、各々凹形輪郭を有するくぼみを複数含むように処理又は形成される。これらのくぼみは一個一個独立していて、個々のくぼみはそれらの間の稜によって互いに隔てられている。例えば、部品の処理面は「月面クレーター」に類似しており、これについては後でさらに詳しく説明する。例えば、翼形部の場合には、月面クレーター様のテクスチャ一面を形成するくぼみが、内部キャビティを画成する翼形部内面に設けられる。この内面に冷却空気流が供給され、背面冷却をもたらす。

【0010】ある実施形態では、表面の処理はオーバーレイコーティングを用いて行われる。オーバーレイコーティングは、プレーシングシートの場合のように自立性シートの形態であってもよいし、或いはスラリーであってもよい。オーバーレイコーティングは離散くぼみ形成相と、合金ろう材のようなマトリックス相材料とを含む。

【0011】本発明のある実施形態では、プレーシングシートはろう材グリーンテープである。かかるテープは市販されている。ろう材グリーンテープは、一般に水や有機液体のような液体媒質中に合金ろう材粉末とバインダを分散させた形態の合金ろう材のスラリーから形成される。液体媒質はバインダに対する溶媒として機能し得る。

【0012】合金ろう材の組成は一般にニッケル基又はコバルト基である。ニッケル基又はコバルト基組成物とは、一般に、ニッケル又はコバルトが重量百分率で組成物中の最も多い元素である組成物を意味する。合金ろう

材組成物は、ケイ素、ホウ素、リン又はそれらの組合せを含んでいてもよく、これらの成分は融点降下剤として作用する。なお、別のタイプの合金ろう材を使用することもでき、例えば、銀、金、又はパラジウム又はこれらの混合物を銅、マンガン、ニッケル、クロム、ケイ素及びホウ素のような他の金属と共に含む貴金属組成物も使用し得る。ろう材合金元素の1種類以上を含む混合物も使用し得る。合金ろう材の具体例には、重量%での公称組成が、ホウ素2.9、ニッケル92.6、スズ4.5のもの;ホウ素3.0、クロム7.0、鉄3.0、ニッケル83.0及びケイ素4.0のもの;クロム19.0、ニッケル71.0及びケイ素10.0のもの;ホウ素1.8、ニッケル94.7及びケイ素3.5のものがある。

【0013】ろう材グリーンテープを作るためのスラリーのバインダとしては一般に様々な材料が用いられている。非限定的な具体例として、ポリエチレンオキシド及び各種アクリルのような水性有機材料がある。溶剤型バインダも使用できる。粘度の調整のためスラリーに有機溶剤(アセトン、トルエン、各種キシレン等)又は水を追加してもよい。

【0014】スラリーは、Mylar(登録商標)等の材料でできたプラスチックシートのような除去可能な支持シート上にテープキャストする。テープキャストには一般にドクターブレードが用いられる。次いで、スラリー中の揮発性物質を実質的にすべて蒸発させる。得られる合金ろう材テープは通常約1~約250ミクロン、好ましくは約25~約125ミクロンの厚さを有する。

【0015】上述の合金ろう材とバインダを含んだろう材テープは市販されている。市販品の一例はSulzer Metco社から市販されているAmdry系ろう材テープである。グレードの一例はAmdry(登録商標)100である。

【0016】ろう材グリーンテープに設けられるくぼみ形成相は通常、処理部品の熱伝達を高める機能をもつ明瞭な稜とくぼみを形成するのに十分な大きさの粒子からなる粗粉末である。多くの実施形態では、粒子寸法は、稜とくぼみによってもたらされる表面粗さ及び表面積(及び最終的には熱伝達)の程度でおおかた決定される。本明細書中では、表面粗さは、所定の領域で光学形状測定法で測定した中心線平均粗さ「Ra」と平均高低差「Rz」で特徴付けられる。ある実施形態では、Raは約0.1ミルより大きく、例えば約1.0ミルより大きく、好ましくは約2.0ミルより大きい。通例Raは約25ミル未満、特に約10ミル未満である。同様に、ある実施形態では、Rzは約1ミルより大きく、例えば約5ミルより大きい。Rzは通例約50ミル未満、特に約25ミル未満である。

【0017】ある実施形態では、くぼみ形成粉末の粒子は概して球状であり、通例2.0以下のアスペクト比、

う付で行われるが、ろう付には基材の母材を実質的に融解することなく金属と金属又は合金溶加材とを接合するあらゆる方法が包含される。ろう付温度は使用する合金ろう材のタイプにある程度依存するが、典型的には約25～約1650℃である。ニッケル基合金ろう材の場合、ろう付温度は通常約800～約1260℃である。

【0027】可能であれば、ろう付は真空炉内で実施されることが多い。真密度は合金ろう材の組成にある程度依存する。普通、真密度は約10<sup>-1</sup>～約10<sup>-8</sup>t or rであり、真空チャンバから周囲空気を所望レベルまで排気することによって達成される。

【0028】炉を使用することができない領域にブレージングシートを付ける場合、例えば部品が大き過ぎて炉内に挿入できない場合や、現場修復の場合には、概してトーチその他の局部加熱手段が用いられる。例えば、アルゴンカバーシールド又はフラックスを有するトーチをろう付表面に当てる。かかる目的のための加熱技術的具体例には、ガス溶接トーチ（例えば酸素アセチレン炎、酸素水素炎、空気アセチレン炎、空気水素炎等）、RF（高周波）溶接、TIG（タンクステン不活性ガス）溶接、電子ビーム溶接、抵抗溶接を用いるもの、並びにIR（赤外）ランプを用いるものがある。

【0029】融着段階で、ブレージングシートが基材に融着する。ろう材が冷えると、基材表面で金属学的結合を生じ、凝固ろうマトリックス材によってくぼみ形成材料が機械的に保持される。

【0030】本発明の別の実施形態では、ブレージングシートは第一の表面と第二の表面を有する金属アリフォームの形態にある。このアリフォームは基材の材料と類似の金属材料、例えば上記の実施形態について説明したものと同様の合金ろう材からなる。例えば、基材がニッケル基超合金であれば、アリフォーム材料は一般にニッケル基超合金である。他の合金ろう組成物、例えばコバルトや鉄を含むもの、又は上述の貴金属組成物も適していることがある。合金ろう組成物は、通常、融点降下剤として作用するケイ素、ホウ素又はその組合せを含む。しかし、ろう材グリーンテープとは異なり、金属アリフォームは一般にバインダを含まない。アリフォームは緻密化した形態にあるからである。アリフォームは通常約0.1～約2500ミクロンの厚さ、好ましくは約25～約200ミクロンの厚さを有する。

【0031】金属アリフォームの作成には様々な技法を使用し得る。第一の技法では、金属粉末材料とバインダの混合物を除去可能な支持シート上にテープキャストする。支持シートを取り除いて、残ったグリーンシートを、例えば真空熱処理等を用いて焼結してアリフォームとする。焼結温度はアリフォームの合金組成、粉末粒子の粒度及びアリフォームの所望密度等の様々な要因に依存する。このプロセスは一般に「テープキャストアリフォーム」法と呼ばれる。

【0032】別の技法では、金属粉末材料を金属薄層として支持シート上に堆積させる。かかる堆積には、通常、真空プラズマ溶射、HOVF（高速ガス炎溶射）又は大気プラズマ（AP）溶射等の各種の熱溶射法が使用される。その他の堆積法、例えばスパッタリングや物理蒸着（PVD）も使用できる。しかる後に、支持シートを取り除けば、所望の金属アリフォームが残る。

【0033】アリフォームを作成するためのさらに別の技法は、非晶質金属リボン法と呼ばれることがある。このプロセスでは、金属粉末材料を溶融し、溶融材料を高速ローラーに注いで、ローラーで溶融材料を極めて急速に冷却する。急冷材料はローラーからリボンとして出てくる。ろう材アリフォームは、Wesgo社やAllied Signal社等の様々な供給元から市販されている。一般に、ろう材アリフォームは、くぼみ形成粉末の付着させてから基材に融着する前にアリフォームが緻密化した形態（例えば焼結）にある点で、上述のろう材グリーンテープとは異なる。

【0034】くぼみ形成粉末はろう材アリフォームの表面に付着させられる。かかる粉末は、一般に、上述のろう材グリーンテープを用いる実施形態に関して述べた粉末と同じ特性を有している。普通、くぼみ形成粉末を付着させる前にアリフォーム表面に接着剤を塗布する。接着剤は上述したものの中から選択できるが、金属アリフォームに接着し、かつ後段での融着段階において完全に揮発するものであることが条件とされる。接着剤の具体例は上述したもの、例えばポリエチレンオキシドや各種アクリル等である。基材表面の所要の熱伝達特性に基づいて、合金ろう材粉末粒子も上述の通り移動及び配列させることができる。同様に、粉末粒子を様々な技術によってアリフォーム表面上でパターン化してもよい。

【0035】場合によっては、アリフォームを貼り付ける基材表面が湾曲していることがある。かかる場合には、アリフォームに同じ湾曲をもたせるのが望ましいこともある。比較的薄いアリフォームは容易に曲がって基材の湾曲に適合し得る。厚いアリフォームは普通は柔軟ではないが、その他の技術によって形付けることができる。例えば、作成時に、基材の所望の湾曲と同じ湾曲をもった除去可能な支持シートを使用する。次いで、この支持シート上に、上述の技術、例えば熱溶射又は鋳造（例えば液体金属鋳造又はバインダと共に用いる粉末スラリー鋳造）によってろう材を付着させる。次いで、くぼみ形成粉末を、同じく上述した通り、アリフォーム上に堆積させればよい。しかる後、支持シートから所望の湾曲をもったアリフォームを剥がせばよい。

【0036】基材の熱伝達を高めるべき部位に適した大きさにろう材アリフォームをカットする。アリフォームを基材の該当部分に付着させればよい。例えば、くぼみ形成粉末で覆われた面とは反対側の面を、接着剤シート又は接着剤組成物によって基材に付着させる。アリフォ

エッティング液に短時間暴露して膜を除去する。

【0045】概して球状の粒子が除去されるので、くぼみ21は凹形輪郭を有する。かかる輪郭は処理部品の熱伝達を向上させるのに特に有効であると予想される。凹形輪郭は最小限の質量増加で表面積を増大させるが、これは熱伝導の路程、すなわちオーバーレイコーティング23を通して伝播するフォノンの路程の短縮に重要である。本明細書において本発明の各実施形態のくぼみについて用いる「凹形」という用語は、くぼみの下端点を通る断面においてくぼみが2つの線分によって画定され、その各線分がくぼみの外からみて凹形であることを意味している。本発明の実施形態のくぼみの凹形については以下でさらに詳しく説明する。

【0046】図4及び図5に示す通り、各くぼみはくぼみの最も底にある点である下端点24を有している。球状粒子の場合、くぼみ21は概して半球形であり、下端点24はくぼみの幾何学的中心に位置する。これに関して、図5の断面は下端点24を通ってくぼみ21を二分する。この断面で、稜20の第一の側面から下端点24まで延びる第一の線分25が画成され、稜20の第二の側面から下端点24まで延びる第二の線分26が画成される。図示した通り、第一線分25及び第二線分26は、くぼみ21の外から線分に垂直な方向にみて、各々凹形である。この実施形態では、各線分はその長さに沿った全体が凹形であり、いずれの線分も凸形部分を全く有していない。

【0047】図5に示す通り、くぼみ21は直径dを有する。直径dは概してくぼみ形成相の粒子の粒度に対応する。従って、平均直径dは約125～約4000ミクロン、例えば約125～2050ミクロンのオーダーである。また、くぼみ21は約75～約2000ミクロン、例えば約75～1000ミクロンのオーダーの曲率半径を有する。図に示した曲率半径は、くぼみの半球形輪郭のため、くぼみ全体を通して概して一定である。ただし、曲率半径は、非球状粒子を用いてくぼみを形成した場合のように、一定である必要はない。一般に、非半球形のくぼみはくぼみに沿った幾つかの点で上記数値範囲に属する曲率半径を有する。

【0048】図5に示す稜20は、くぼみ形成相の粒子の外面に沿っての合金ろう材の濡れ作用のため、はっきりとしたピークをなしている。しかし、図6に示す通り、稜はシャープである必要はない。稜が丸くなる原因として、融着時のくぼみ形成相に対するマトリックス相の濡れの程度が低いことや、エッティング処理時のエッティング液の作用による稜の侵食等を始めとする様々な要因がある。図6には、くぼみ形成相の2つの粒子が互いに接していないあるいは密に充填していない場合も示してある。ここで、一つのくぼみの縁を画成する稜20はプラトー28によって稜30から隔てられている。かかるプラトーは一般に処理面つまりテクスチャ一面全体に存在

しており、稜の相互連絡網状構造を形成する。

【0049】上記で具体的に説明した本発明の実施形態では、観察できるくぼみを有するテクスチャ一面がオーバーレイ層内に形成される。オーバーレイ層の使用によって、その層の材料を部品のある種の特性を高めるように選択し得る。例えば、オーバーレイ層は望ましい熱伝導率、耐食性及び耐酸化性をもつようにすることができる。

【0050】別の実施形態では、くぼみ形成相をマトリックス相から選択的に除去する削減法を用いる代わりに、熱伝達性の向上したターピンエンジン部品を鋳造作業で直接製造する。この代替法では、こぶもしくは突起のテクスチャーをもつ内面を有する鋳型に溶融合金を注入する。従って、オーバーレイコーティングではなく部品の母材がテクスチャーを形成する。好適な溶融合金には、上述のもの、例えばコバルト基又はニッケル基超合金がある。

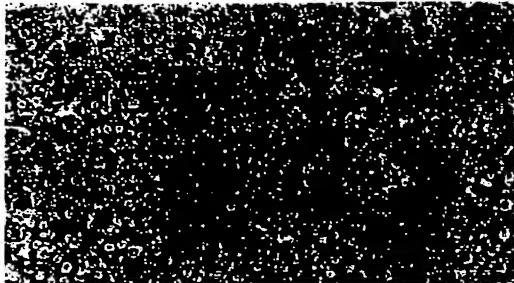
【0051】突起は通常先の実施形態に関して説明した粒子相と同じ特性を有する。ある形態では、突起は概して球状で2.0未満の平均アスペクト比を有し、通常約1.5未満、特に約1.2以下のアスペクト比を有する。突起は125～約4000ミクロンの平均高さ、例えば約125～約2050ミクロンのオーダーの平均高さを有する。鋳型は、当技術分野で用いられる様々な技術の一つ、例えば「ロストワックスプロセス」して知られる技術によって製造できる。通常、鋳型は溶融合金の鋳造に伴う高温に耐えるセラミック材料で作られる。典型的なセラミック材料にはアルミニナ、シリカ及びその組合せがある。

【0052】鋳造用の鋳型は、通常、外殻と中子を有する。テクスチャ一面が部品の内部（例えば内部キャビティを画成する内面）にある場合、中子の外面に上述の突起又はこぶでテクスチャーをつける。かかる部品の典型例は、背面冷却材流を受け入れるターピンブレードである。

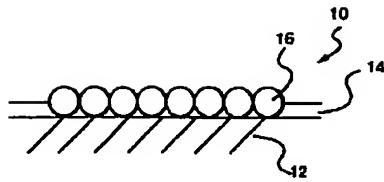
【0053】鋳造後、合金を冷まして凝固させる。次いで部品から鋳型を離す。通常、鋳造部品から鋳型を離すには中子のような鋳型の一部を壊す。鋳造部品は、鋳型の突起を含む面に倣ったつまり相補的なテクスチャー面を有する。すなわち、鋳造部品は鋳型の突起に相補的な複数のくぼみを有している。このテクスチャ一面の幾何学的特性、例えばくぼみと稜の輪郭、大きさ及び形状は、削除法を用いて形成する実施形態について述べた通りである。

【0054】本発明の以上の実施形態では、くぼみの平均深さは、稜から下端点まで測定して、約75～約2000ミクロン、特に約75～約1000ミクロンのオーダーである。さらに、本発明の各実施形態では、くぼみの密度は一般に25個/cm<sup>2</sup>以上であり、通常100個/cm<sup>2</sup>以上、望ましくは500個/cm<sup>2</sup>以上であ

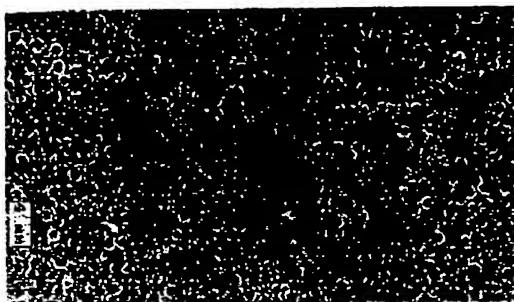
【図1】



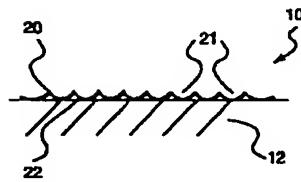
【図2】



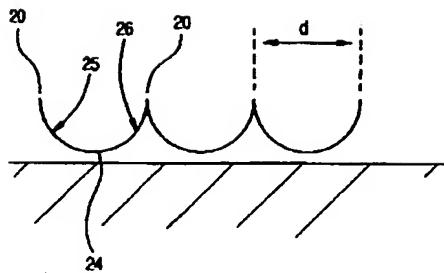
【図3】



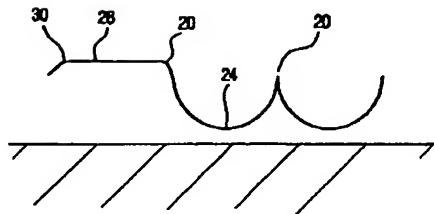
【図4】



【図5】



【図6】



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. 7

F 02 C 7/00

識別記号

F I

F 02 C 7/00

マーク(参考)

C

D

(72) 発明者 ネジム・アブアフ  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ニスカ  
ユナ、バレンシア・ロード、1532番

(72) 発明者 ロバート・アラン・ジョンソン  
アメリカ合衆国、サウス・カロライナ州、  
シンプソンビル、ワイルド・ホース・クリ  
ーク・ドライブ、308番  
(72) 発明者 チンーバン・リー  
アメリカ合衆国、オハイオ州、シンシナテ  
イ、キャマーゴ・パインズ、12番

6. A method for forming a turbine engine component, comprising the steps of:

providing a substrate comprised of a nickel-based or a cobalt-based superalloy;

applying a layer on the substrate, said layer comprising a matrix phase and a discrete particulate phase comprising particles having an aspect ratio of not greater than 1.5;

heating the substrate to fuse the discrete particulate phase to the substrate; and

removing the discrete particulate phase, leaving behind a plurality of depressions in the matrix phase.

7. A method of forming an airfoil, comprising the steps of:

providing a mold having an inner core and an outer shell, the inner core having a plurality of protrusions along an outer surface portion thereof, the protrusions having an average height within a range of about 125 microns to about 4000 microns;

injecting a molten alloy into the mold;

cooling the alloy to form the airfoil; and

removing the mold, the airfoil having an inner surface having a texture that is complementary to the outer surface of the inner core.

Another aspect of the invention calls for a method for forming a turbine engine component, including the steps of providing a substrate; applying a layer on the substrate, which includes a matrix phase and a discrete particulate phase; and then removing the discrete particulate phase. By removal of the discrete particulate phase, a plurality of depressions are left behind in the matrix phase.

Still another aspect of the present invention calls for a method of forming a turbine engine component, including the steps of providing a mold having a plurality of protrusions along a surface portion thereof, the protrusions forming a textured surface; injecting a molten alloy into the mold; cooling the molten alloy to form a turbine engine component; and removing the mold. The turbine engine component following removal of the mold has a textured surface that is complementary to the textured surface of the mold.

#### DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

Embodiments of the present invention utilize any material, including elemental metals, alloys, ceramics, composites, but generally take advantage of heat-resistant alloys designed for high-temperature environments, such as above 1000 °C. As defined herein, "metal-based" refers to substrates that are primarily formed of metal or metal alloys. Some heat-resistant alloys are "superalloys" including cobalt-based, nickel-based, and iron-based alloys. In one embodiment, the superalloy is nickel- or cobalt-based, wherein nickel or cobalt is the single greatest element by weight. Illustrative nickel-based alloys include at least about 40 wt% nickel (Ni), and at least one component from the group consisting of cobalt, chromium, aluminum, tungsten, molybdenum, titanium, and iron. Examples of nickel-based superalloys are designated by the trade names Inconel®, Nimonic®, Rene® (e.g., Rene®80-, Rene®95 alloys), and Udimet®. Illustrative cobalt-based alloys include at least about 30 wt% cobalt (Co), and at least one component from the group consisting of nickel, chromium, aluminum, tungsten, molybdenum, titanium, and iron.

In one embodiment of the invention, the brazing sheet is a green braze tape. Such tapes are commercially available. The green braze tape is formed from a slurry of a braze alloy, generally in the form of a braze alloy powder and binder in a liquid medium such as water or an organic liquid. The liquid medium may function as a solvent for the binder.

The composition of the braze alloy is generally nickel-based or cobalt-based. Nickel- or cobalt-based compositions generally denote compositions wherein nickel or cobalt is the single greatest element in the composition by weight percentage. The braze alloy composition may also contain silicon, boron, phosphorous or combinations thereof, which serve as melting point suppressants. It is noted that other types of braze alloys can be used, such as precious metal compositions containing silver, gold, or palladium, mixtures thereof, in combination with other metals, such as copper, manganese, nickel, chrome, silicon, and boron. Mixtures that include at least one of the braze alloy elements are also possible. Exemplary braze alloys have the following nominal compositions, by weight percent: 2.9 boron, 92.6 nickel, 4.5 tin; 3.0 boron, 7.0 chromium, 3.0 iron, 83.0 nickel, and 4.0 silicon; 19.0 chromium, 71.0 nickel, and 10.0 silicon; 1.8 boron, 94.7 nickel, and 3.5 silicon.

A variety of materials are generally used as binders in the slurry for forming the green braze tape. Non-limiting examples include water-based organic materials, such as polyethylene oxide and various acrylics. Solvent-based binders can also be used. Additional organic solvents (e.g., acetone, toluene, or various xylenes) or water may be added to the slurry to adjust viscosity.

The slurry is usually tape cast onto a removable support sheet, such as a plastic sheet formed of a material such as Mylar®. A doctor-blade apparatus is generally used for tape-casting. Substantially all of the volatile material in the slurry is then allowed to evaporate. The resulting braze alloy

preferred embodiment, the average size of the powder particles is in the range of about 180 microns to about 600 microns.

The depression-producing material is formed of any material that may be selectively removed from the matrix phase material. Preferably, the particulate material does not react with the matrix material at elevated temperatures used for bonding the matrix material to the substrate. For example, the material may be metallic, such as nickel-chrome-aluminum-yttria alloys (NiCrAlY), which can be selectively removed from the braze alloy matrix by etching in an acid bath. Ceramic material may also be used, which may provide even more selectivity. For example, in one embodiment, alumina particles are utilized, which may be etched selectively from a braze alloy matrix with various oxidizing acids, such as hydrochloric acid. In low temperature applications, where the matrix phase is formed of a solder or high-temperature epoxy, plastics in particulate form can be used.

The powder can be randomly applied by a variety of techniques, such as sprinkling, pouring, blowing, roll-depositing, and the like. The choice of deposition technique will depend in part on the desired arrangement of powder particles, to provide the desired pattern of ridges and depressions. As an example, metered portions of the powder are sprinkled onto the tape surface through a sieve in those instances where the desired pattern-density of the depressions is relatively low.

Usually, an adhesive is applied to the surface of the green braze tape prior to the application of the depression-producing powder thereon. Any braze adhesive can be used, so long as it is capable of completely volatilizing during the subsequent fusing step. Illustrative examples of adhesives include polyethylene oxide and acrylic materials. Commercial examples of braze adhesives include "4B Braze Binder", available from Cotronics Corporation. The adhesive can be applied by various techniques. For example, liquid-like

powder can easily be removed, leaving the desired pattern of particles. As another alternative, a "cookie cutter" technique may be employed, wherein the braze tape is first cut to define a desired depression-producing pattern, followed by removal of the excess braze tape. The depression-producing powder can then be applied to the patterned tape. In yet another embodiment, particles of the depression-producing material are coated with braze alloy, and the coated particles are adhered onto an adhesive sheet that volatilizes during the fusing step. Here, the adhesive sheet provides a simple means for attachment of the depression-producing material to the substrate prior to fusing, but generally plays no role in the final, fused article.

In another embodiment, the depression-producing powder is mixed with the other components of the green braze tape, such as braze alloy powder, binder and solvent, during formation of the green braze tape, rather than providing the depression-producing powder on a surface of the already formed tape. The depression-producing powder in turn forms a dispersed particulate phase within the green braze tape.

The removable support sheet, such as Mylar® backing is then detached from the green braze tape. The tape is then attached to a portion of the component-substrate where enhanced heat transfer is desired. As an example, an adhesive may be employed. Any adhesive suitable for attaching the tape to the substrate material would be suitable, provided that it completely volatilizes during the fusing step.

Another simple means of attachment is used in some embodiments. The green braze tape can be placed on a selected portion of the substrate, and then contacted with a solvent that partially dissolves and plasticizes the binder, causing the tape to conform and adhere to the substrate surface. As an example, toluene, acetone or another organic solvent could be sprayed or brushed onto the braze tape after the tape is placed on the substrate.

In another embodiment of the invention, the brazing sheet is in the form of a metal preform having first and second surfaces. The preform is formed of a metallic material similar to that of the substrate, such as a braze alloy like that described for the previous embodiment. Thus, if the substrate is a nickel-based superalloy, the preform material is generally a nickel-based superalloy. Other braze alloy compositions may also be suitable, such as those comprising cobalt or iron; or the precious metal compositions described previously. The braze alloy composition typically contains silicon, boron, or combinations thereof, which serve as melting point suppressants. However, unlike a green braze tape, the metal preform generally does not contain a binder since the preform is in densified form. The preform usually has a thickness of about 0.1 micron to about 2500 microns, and preferably, about 25 microns to about 200 microns.

Various techniques can be used to make the metal preform. In the first technique, a mixture of metallic powder material and binder is tape-cast onto a removable support sheet. The support sheet is removed, and the remaining green sheet is then sintered to form the preform, e.g., by using a vacuum heat treatment. The sintering temperature is dependent on various factors, such as the composition of the alloy of the preform, the size of the powder particles, and the desired density of the preform. This process is typically called a "tape-cast pre-form" technique.

According to another technique, a metallic powder material is deposited onto a support sheet as a thin layer of metal. Various thermal spray techniques are usually used for the deposition, such as vacuum plasma deposition, HVOF (high velocity oxy-fuel), or air plasma (AP) spray. Other deposition techniques could be employed as well, e.g., sputtering or physical vapor deposition (PVD). The support sheet is then removed, leaving the desired metal preform.

removable support sheet is employed during fabrication, which sheet has the desired curvature of the substrate. The braze material is then deposited on the support sheet by the techniques described previously, e.g., thermal spraying or casting (for example, liquid metallic casting without a binder, or powder-slurry casting with a binder). The depression-producing powder can then be deposited on the preform, as also described previously. The preform which has the desired curvature can then be detached from the support sheet.

The braze preform is cut to a size appropriate for the site on the substrate where enhanced heat transfer is to be provided. The preform can then be attached to that portion of the substrate. As an example, the surface opposite that which is coated with the depression-producing powder is attached to the substrate with an adhesive sheet or adhesive composition. Any adhesive suitable for attaching the preform to the substrate metal should be suitable, as long as it completely volatilizes during the fusing step. Illustrative adhesives are those that were described previously.

Alternatively, the braze preform is attached by mechanical means. In some preferred embodiments, the preform is locally welded to the substrate surface at a few locations (spot welding). A variety of heating techniques could be employed, such as TIG (tungsten inert-gas) welding, resistance welding, gas welding (e.g., with a torch), RF welding, electron-beam welding, and IR lamp methods.

Fusing of the preform to the substrate can then be undertaken as described previously, with brazing often being used for this step. Brazing temperatures will again depend in part on the type of braze alloy used for the preform, and are typically in the range of about 525°C to about 1650°C. In the case of nickel-based braze alloys as described above, braze temperatures are usually in the range of about 800°C to about 1260°C. The

such as polyethylene oxide and various acrylics. Non-aqueous solvent-based binders can also be used.

The slurry itself generally contains depression-producing powder, braze alloy, and binder. The amount of braze alloy is chosen relative to the depression-producing powder in an amount sufficient to bond the particles of the depression-producing powder to the substrate, such as about 1 to 40 wt% braze alloy and the balance (about 60 to 99 wt%) depression-producing powder. The amount of binder is generally present in an amount to ensure sufficient green strength for handling while minimizing the volume of binder burnout, such as about 1 to 20 wt% of the slurry.

In the embodiments described above, the structure of the component after-fusing includes a solidified braze alloy film that forms a portion of the outer surface of the component, and protuberances that extend beyond that surface. In reference to FIGS. 1 and 2, component 10 includes a substrate 12, matrix phase 14 in the form of a braze film, and particles 16 embedded in the matrix phase 14 to form protuberances. As shown, the particles 16 are generally arranged in a monolayer, which generally has little or no stacking of particles. Thus, after fusing, the treated component has an outer surface defined by the film of braze alloy, which has a particulate phase embedded therein. The film of braze alloy generally forms a continuous matrix phase. As used herein, "continuous" matrix phase denotes an interconnected film along the treated region of the substrate, between particles or clusters of particles. Alternatively, the film of braze alloy may not be continuous, but rather, be only locally present to bond individual particles to the substrate. In this case, the film of braze alloy is present in the form of localized fillets, surrounding discrete particles or clusters of particles. In either case, thin portions of the film may extend so as to coat or partially coat particles of the depression-producing powder.

bounded by two line segments, each of which is concave as viewed from an exterior of the depression. Concavity of a depression according to an embodiment of the present invention is described in more detail below.

As shown in FIGs. 4 and 5, each depression has a bottom point 24, which is the bottom-most point of the depression. In the case of spherical particulates, the depressions 21 are generally hemispherical, and the bottom point 24 is located at the geometric center of the depression. In this regard, the cross-section of FIG. 5 is taken through the bottom point 24, and bisects the depression 21. In that cross-section, a first line segment 25 is defined, extending from a first side of ridge 20 to bottom point 24, and a second line segment 26, extending from a second side of ridge 20 to bottom point 24. As illustrated, each of the first and second line segments 25 and 26 is concave as viewed from an exterior of the depression 21, along a direction normal to the line segment. In this particular embodiment, the entirety of each line segment along its length is concave; each line segment has no convex portions.

As illustrated in FIG. 5, depression 21 has a diameter  $d$ . The diameter  $d$  generally corresponds to the size of the particulates of the depression-producing phase. Accordingly, the average diameter  $d$  is on the order of about 125 to about 4000 microns, such as about 125 to 2050 microns. Further, the depression 21 has a radius of curvature on the order of about 75 to about 2000 microns, such as about 75 to 1000 microns. The radius of curvature shown in the drawings is generally constant through the entirety of the depression due to the hemispherical contour of the depression. However, the radius of curvature need not be constant, such as is the case when non-spherical particles are used to form the depressions. Generally, non-hemispherical depressions have a radius of curvature at several points along the depression that fall within the values stated above.

one form, the protuberances are generally spherical, having an average aspect ratio less than 2.0, typically less than about 1.5, and more particularly, not greater than about 1.2. The protuberances have an average height on the order 125 to about 4000 microns, such as about 125 to about 2050 microns. The mold may be manufactured by one of various techniques used in the art, such as what is known as the "lost wax process." Typically, the mold is formed of a ceramic material to withstand the high temperatures generally associated with casting a molten alloy. Typical ceramic materials include alumina, silica, and combinations thereof.

Molds for casting typically have an outer shell and an inner core. In cases where the textured surface is along an interior of a part, such as an inner surface defining an internal cavity, an outer surface of the inner core is textured with the protuberances or bumps as described above. A typical example of such a component is a turbine blade which receives backside coolant flow.

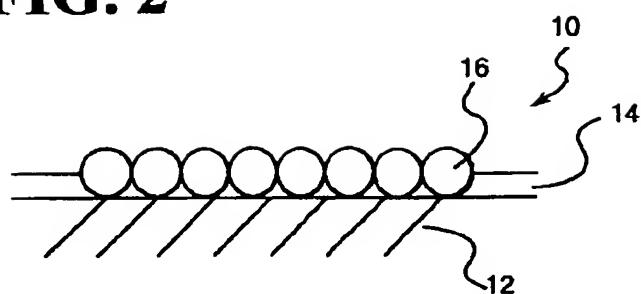
Following casting, the alloy is allowed to cool and solidify. The mold is then separated from the component. Typically, a portion of the mold, such as the inner core, is destroyed in order to separate the mold from the cast component. The cast component has a textured surface that mimics or is complementary to the protuberance-containing surface of the mold. That is, the cast component has a plurality of recesses that are complementary to the protuberances of the mold. The geometrical characteristics of the textured surface, including contour, size, and shape of the recesses and ridges are as stated above for the embodiment formed using subtractive techniques.

According to the foregoing embodiments of the invention, the average depth of the depressions as measured from the ridge to the bottom point is on order of about 75 microns to about 2000 microns, particularly about 75 microns to about 1000 microns. In addition, according to embodiments of the

Texturing can be applied to a wide variety of turbine engine components. For example, other superalloy components including combustor liners, combustor domes, buckets or blades, nozzles, vanes, airfoils, or shrouds. Non-superalloy components used in lower temperature applications may also be treated. For example, shroud clearance control areas, including flanges, casings, and rings may be advantageously treated. In these embodiments, use of texturing permits more accurate control of the diameter of the flowpath shroud, thereby decreasing the clearance between the blade tip and shroud surface and increasing efficiency. In view of the lower temperature requirements for the materials of such components, in the case of an overlay coating, the braze alloy may be replaced with another bonding agent such as a high temperature epoxy or solder, for example.

As described above, cooling is generally carried out by impingement cooling, that is, with a coolant medium that is directed perpendicularly against a component used in a high temperature environment. It should be understood that while impingement cooling represents a preferable form of cooling, the coolant medium can be directed at varying angles with respect to the textured surface. In addition, while the coolant medium is usually air, it could also be composed of other fluids such as water.

As described above, a textured surface is cast-in or provided in the form of an overlay coating to improve heat transfer. The increase in heat transfer is believed to be largely due to the increased surface area of the treated component. The textured surface may also increase heat transfer by modifying the coolant medium flow characteristics, such as from laminar flow to turbulent flow along the surface.

**FIG. 1****FIG. 2****FIG. 3**

## 1. Abstract

A turbine engine component is provided that has a surface that contains a plurality of depressions that are effective to increase the surface area of the component. The depressions are generally concave in contour and improve the heat transfer characteristics of the component. Methods for forming the turbine engine components are also disclosed.

## 2. Representative Drawing: Figure 5